



Rec'd PCT/PTO 10 JUN 2005  
PCOR 03/03579  
REC'D 16 FEB 2004  
WIPO PCT  
10/538419

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 28 NOV. 2003

**DOCUMENT DE PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIÈGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
**page 1/3**



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / MCECI

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES  
DATE

LIEU

**10 DEC 2002**

**75 INPI PARIS**

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

**0215607**

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

PAR L'INPI

**10 DEC. 2002**

**Vos références pour ce dossier** BFF 02/0506  
(facultatif)

**NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE**  
**À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE**

CABINET LAVOIX  
2, Place d'Estienne d'Orves  
75441 PARIS CEDEX 09

**Confirmation d'un dépôt par télécopie**

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

**NATURE DE LA DEMANDE**

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

*Demande de brevet initiale*

N°

Date

*ou demande de certificat d'utilité initiale*

N°

Date

Transformation d'une demande de

brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

**TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)

Procédé et dispositif de chargement d'un assemblage de combustible dans le coeur d'un réacteur nucléaire.

**DÉCLARATION DE PRIORITÉ**  
**OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE**  
**LA DATE DE DÉPÔT D'UNE**  
**DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE**

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

**DEMANDEUR** (Cochez l'une des 2 cases)

☒ **Personne morale**

☐ **Personne physique**

Nom  
ou dénomination sociale

FRAMATOME ANP

Prénoms

Forme juridique

Société par actions simplifiée

N° SIREN

428764500

Code APE-NAF

Tour Framatome, 1 Place de la Coupole,

Domicile

Rue

ou

siège

Code postal et ville

92400 COURBEVOIE

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

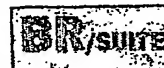
Adresse électronique (facultatif)

☒ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

Page suite N° 2, 3.



Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

LIEU

**10 DEC 2002**

**75 INPI PARIS**

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

**0215607**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 W / 01/001

**Vos références pour ce dossier (facultatif)**

**BFF 02/0506**

☒ **DÉCLARATION DE PRIORITÉ  
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE  
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE  
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE**

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☒ **DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)**

☒ **Personne morale**

☐ **Personne physique**

Nom  
ou dénomination sociale

**REEL S.A.**

Prénoms

Forme juridique

**Société Anonyme**

N° SIREN

**962501318**

Code APE-NAF

Domicile  
ou  
siège

Rue

**Chemin de la Chaux**

Code postal et ville

**69450 SAINT CYR AU MONT D'OR**

Pays

**FRANCE**

Nationalité

**Française**

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☒ **DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)**

☐ **Personne morale**

☐ **Personne physique**

Nom  
ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile  
ou  
siège

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☒ **SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)**

**C. JACOBSON**  
n° 92.1119

**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES  
DATE

LIEU **10 DEC 2002**

N° D'ENREGISTREMENT **75 INPI PARIS**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI **0215607**

CB 540 W / 010901

**Vos références pour ce dossier :**  
(facultatif)

**BFF 02/0506**

**6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)**

Nom  
Prénom  
Cabinet ou Société

**CABINET LAVOIX**

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

Adresse

Rue

**2 Place d'Estienne d'Orves**

Code postal et ville

**75441 PARIS CEDEX 09**

Pays

**FRANCE**

N° de téléphone (facultatif)

**01 53 20 14 20**

N° de télécopie (facultatif)

**01 48 74 54 56**

Adresse électronique (facultatif)

**brevets@cabinet-lavoix.com**

**7 INVENTEUR (s)**

Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques

Les demandeurs et les inventeurs  
sont les mêmes personnes

☐ Oui

☒ Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☐ ☒

Paiement échelonné de la redevance  
(en deux versements)

Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt

☐ Oui  
☐ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

☐ Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG


Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite »,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)

**C. JACOBSON**  
n° 92.1119



**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**



L'invention concerne un procédé et un dispositif de chargement d'un assemblage de combustible dans le cœur d'un réacteur nucléaire et en particulier dans le cœur d'un réacteur nucléaire refroidi par de l'eau sous pression.

5 Les réacteurs nucléaires refroidis par de l'eau sous pression comportent, à l'intérieur d'une cuve, le cœur du réacteur nucléaire constitué par des assemblages de combustible, généralement de forme prismatique droite, qui sont placés avec leurs axes longitudinaux dans la direction verticale, suivant laquelle circule, de bas en haut, l'eau de refroidissement sous pression du

10 réacteur nucléaire.

Les assemblages de combustible du cœur du réacteur sont disposés à l'intérieur d'équipements internes inférieurs de la cuve du réacteur nucléaire comportant en particulier une plaque de support du cœur, ou plaque inférieure de cœur, et un cloisonnement constitué par des plaques verticales

15 assurant le maintien des assemblages périphériques du cœur.

Les assemblages de combustible du cœur viennent reposer sur la plaque de support du cœur, par l'intermédiaire de leur partie inférieure, ou embout inférieur, qui comporte des ouvertures venant s'engager sur des pions de positionnement à axes verticaux fixés sur la plaque de support du

20 cœur. Les assemblages de combustible juxtaposés constituent un ensemble dense dans lequel chacun des assemblages de combustible est au contact d'assemblages voisins, à l'intérieur d'un emplacement ayant une forme prismatique droite dont la position est parfaitement définie à l'intérieur du cœur, l'emplacement d'un assemblage de combustible étant délimité par des

25 plans verticaux constituant l'enveloppe géométrique de l'assemblage de combustible de forme prismatique droite. Les faces planes verticales virtuelles de chacun des assemblages de combustible dans le cœur sont également les surfaces de contact entre l'assemblage de combustible et les assemblages voisins dans le cœur ou encore les surfaces internes d'une ou

30 plusieurs cloisons verticales du cloisonnement.

Les sections transversales droites des emplacements des assemblages de combustible dans le cœur, dans des plans transversaux perpendicu-

lares à l'axe vertical du cœur, constituent un réseau régulier dans toute la section du cœur.

5 Les assemblages de combustible présentent généralement une section droite de forme carrée et leurs emplacements constituent un réseau à maille carrée dans toute la section du cœur à l'intérieur du cloisonnement.

10 Les assemblages de combustible, généralement à section carrée, comportent des grilles-entretoises de maintien d'un faisceau de crayons combustibles parallèles de direction axiale et, aux extrémités de l'assemblage, un embout supérieur et l'embout inférieur par l'intermédiaire duquel l'assemblage repose sur la plaque de support du cœur. A l'intérieur du cœur, les assemblages de combustible sont en contact avec les assemblages combustibles voisins, par l'intermédiaire de leurs grilles-entretoises et de leurs embouts.

15 Le matériau combustible fissile contenu dans les crayons des assemblages de combustible est consommé progressivement dans le réacteur nucléaire en service, si bien que les assemblages de combustible sont appauvris progressivement en matériau combustible fissile et subissent une certaine usure. Il est nécessaire d'effectuer périodiquement des opérations de rechargement du cœur du réacteur nucléaire. Ces opérations qui nécessitent un arrêt et un refroidissement du réacteur nucléaire consistent à remplacer une partie des assemblages de combustible disposés dans une zone du cœur par des assemblages neufs, les autres assemblages du cœur qui ne sont pas remplacés par des assemblages neufs étant déplacés d'une zone à une autre du cœur. Lors de la mise en service initiale du réacteur nucléaire, il est nécessaire d'effectuer le chargement du cœur avec des assemblages de combustible neufs constituant la première charge du réacteur nucléaire.

20 25 30 Les opérations de chargement ou de rechargement d'un réacteur nucléaire sont réalisées sous eau, le couvercle de la cuve étant démonté, depuis le niveau supérieur de la piscine du réacteur dans le fond de laquelle débouche le puits de cuve.

Pour effectuer les opérations de chargement et de rechargement, on utilise une machine de levage et de manutention des assemblages de com-

bustible appelée machine de chargement qui comporte des moyens de déplacement et de guidage dans des directions horizontales disposées au-dessus du niveau supérieur de la piscine, de manière à pouvoir placer des moyens de préhension et de levage de la machine de chargement à l'aplomb de chacun des emplacements d'assemblages de combustible dans le cœur du réacteur nucléaire.

Pour effectuer le chargement d'un assemblage de combustible dans un emplacement à l'intérieur du cœur, on déplace l'assemblage dont on assure le chargement fixé en position verticale aux moyens de préhension de la machine de chargement puis on introduit l'assemblage de combustible dans son emplacement de chargement par des déplacements de la machine de chargement et de ses moyens de préhension et de levage.

Dans le réacteur en fonctionnement, les assemblages de combustible qui sont soumis à l'irradiation et qui sont le siège d'un dégagement de chaleur intense peuvent subir des déformations. Du fait que les assemblages de combustible sont de forme très élancée, leur section transversale présentant des dimensions très inférieures à leur longueur axiale, ils peuvent subir, par exemple par flambage, des déformations se traduisant par un déport relativement important de leurs embouts d'extrémité par rapport à la position théorique de ces embouts centrée sur l'axe de l'assemblage de combustible.

De ce fait, les parties supérieures des assemblages de combustible voisins d'un emplacement dans lequel on doit effectuer le chargement d'un assemblage de combustible sont susceptibles de se trouver déportées vers l'intérieur de l'emplacement théorique de chargement de l'assemblage de combustible, du fait de leur déformation par flambage. En conséquence, il peut être très difficile dans certains cas d'assurer l'introduction de l'assemblage de combustible dans son emplacement pour effectuer son chargement. En particulier, les emplacements des assemblages périphériques sont délimités suivant une ou deux faces verticales par le cloisonnement et suivant leurs autres faces par des assemblages de combustible voisins des assemblages périphériques. La déformation des parties supérieures des assemblages de combustible voisins des assemblages périphériques en direction du cloisonnement peut limiter l'espace d'introduction de l'assem-

blage de combustible périphérique dans le cœur, de telle sorte que son chargement s'avère très difficile ou impossible.

5 De manière générale, la déformation des assemblages de combustible utilisés pour le rechargement d'un cœur de réacteur nucléaire peut compliquer et allonger considérablement les opérations de rechargement, ce qui fait perdre beaucoup de temps sur le chemin critique de l'arrêt de la tranche de la centrale nucléaire.

10 Pour faciliter l'introduction d'un assemblage de combustible dans son emplacement à l'intérieur du cœur, on a proposé d'utiliser des faux assemblages ou des faux embouts d'assemblages de combustible qui sont mis en place sur la plaque de support du cœur autour d'un emplacement dans lequel on réalise l'introduction de l'assemblage de combustible à recharger. Ces dispositifs permettent d'améliorer sensiblement la mise en place des assemblages de combustible déformés dans le cœur mais leur utilisation est  
15 complexe du fait que ces dispositifs doivent être mis en place et récupérés dans le fond de la piscine du réacteur avant et après la mise en place de l'assemblage de combustible. En outre, de tels dispositifs ne permettent pas de réaliser un chargement continu par mises en place successives d'assemblages de combustible dans le cœur du réacteur nucléaire ou encore le  
20 remplacement d'assemblages de combustible à l'intérieur du cœur dans des emplacements délimités par d'autres assemblages de combustible qui peuvent être déformés.

On a proposé également, dans le FR 99 00457, un dispositif de chargement d'un assemblage de combustible qui permet de faciliter l'engagement des ouvertures de l'embout inférieur de l'assemblage de combustible  
25 sur les pions de positionnement de la plaque de support du cœur, à l'emplacement réservé à l'assemblage de combustible. Un tel dispositif ne permet pas non plus de faciliter l'introduction d'un assemblage de combustible dans un emplacement délimité par des assemblages de combustible voisins qui  
30 ont été déformés.

Le but de l'invention est donc de proposer un procédé de chargement d'un assemblage de combustible dans un emplacement de chargement du cœur d'un réacteur nucléaire constitué par des assemblages de combustible



de forme générale prismatique droite disposés à l'intérieur d'un cloisonnement, dans des emplacements adjacents prismatiques droits à axes verticaux, dont les sections transversales dans un plan horizontal constituent un réseau régulier, l'emplacement de chargement de l'assemblage de combustible comportant au moins une face latérale verticale suivant laquelle est disposée une face latérale d'un assemblage de combustible voisin de l'assemblage de combustible dont on effectue le chargement, ce procédé permettant de faciliter le chargement de l'assemblage de combustible et de limiter le temps nécessaire pour le chargement, dans le cas où l'un au moins des assemblages de combustible voisins de l'assemblage de combustible dont on effectue le chargement est déformé de manière à venir en déport dans l'emplacement de chargement.

Dans ce but :

- on introduit, dans l'emplacement de chargement, un faux assemblage ayant sensiblement la forme et les dimensions de l'emplacement et comportant des parois latérales lisses, substantiellement suivant toute la hauteur de l'emplacement de chargement,
- on fixe la position de l'au moins un assemblage voisin en présence du faux assemblage, par rapport à au moins un second assemblage dans le cœur, au moins dans la partie supérieure de l'assemblage voisin,
- on enlève le faux assemblage de l'emplacement de chargement et,
- on introduit l'assemblage de combustible dont on effectue le chargement à l'intérieur de l'emplacement de chargement.

L'invention concerne également un dispositif de chargement d'un assemblage de combustible dans un emplacement de chargement du cœur d'un réacteur nucléaire constitué par des assemblages de combustible de forme générale prismatique droite disposés à l'intérieur d'un cloisonnement, dans des emplacements adjacents prismatiques droits à axes verticaux dont les sections transversales dans un plan horizontal constituent un réseau régulier, l'emplacement de chargement de l'assemblage de combustible comportant au moins une face latérale verticale suivant laquelle est disposée une face latérale d'un assemblage de combustible voisin de l'assemblage de combustible dont on effectue le chargement, caractérisé par le fait qu'il com-

porte un outil de recalage des assemblages de combustible sous la forme d'un faux assemblage ayant la forme générale prismatique droite d'un emplacement d'assemblage de combustible dans le cœur et délimité latéralement par des parois lisses, et

5           - au moins un outil de maintien des assemblages de combustible comportant une plaque support et des pions de positionnement destinés à être engagés dans des ouvertures de positionnement d'embouts supérieurs d'assemblages de combustible du cœur,

          - ainsi qu'au moins un moyen de manutention pour la préhension et la  
10 manutention de l'outil de recalage des assemblages combustibles et de l'au moins un outil de maintien des assemblages de combustible, par l'intermédiaire d'un moyen de suspension et de maintien.

De préférence :

          - le moyen de suspension et de maintien de l'outil de recalage des  
15 assemblages de combustible et de l'outil de maintien des assemblages de combustible est analogue à une partie de suspension et de maintien d'un embout supérieur d'un assemblage de combustible du cœur et le dispositif de manutention de l'outil de recalage des assemblages de combustible et de l'outil de maintien des assemblages de combustible est un grappin d'une  
20 machine de chargement du réacteur nucléaire ;

          - l'outil de recalage des assemblages de combustible comporte un corps central, un embout supérieur et un embout inférieur ayant un axe longitudinal commun et une section transversale dans un plan perpendiculaire à l'axe ayant la forme de la section transversale d'un emplacement d'un as-  
25 semblage de combustible dans le cœur du réacteur nucléaire ;

          - le corps central et l'embout inférieur de l'outil de recalage des assemblages de combustible de forme prismatique droite présentent une section transversale ayant des dimensions inférieures aux dimensions de la section transversale d'un emplacement d'assemblages de combustible dans  
30 le cœur, un embout supérieur dont la section transversale a les dimensions de la section transversale d'un emplacement d'assemblage de combustible dans le cœur du réacteur et une partie intermédiaire entre le corps central et l'embout supérieur délimitée par des parois latérales inclinées par rapport à

l'axe de l'outil de recalage des assemblages de combustible qui présente une section transversale de dimension généralement croissante entre le corps central et l'embout supérieur ;

5       - l'outil de recalage des assemblages de combustible comporte un corps central de forme prismatique droite dont la section transversale a les dimensions de la section transversale d'un emplacement d'un assemblage de combustible dans le cœur du réacteur et un embout inférieur ayant des parois latérales inclinées par rapport à l'axe de l'outil de recalage des assemblages de combustible, de manière que la section transversale de l'embout inférieur soit de dimension décroissante entre le corps central et son  
10       extrémité inférieure d'engagement dans un emplacement du cœur du réacteur nucléaire ;

15       - l'embout inférieur de l'outil de recalage comporte des ouvertures latérales de passage de pions de positionnement d'un emplacement du cœur du réacteur et deux plots d'engagement dans des trous d'eau de l'emplacement, lors de la mise en place de l'outil de recalage sur la plaque de support du cœur du réacteur ;

20       - l'embout inférieur de l'outil de recalage présente une section telle qu'il puisse être engagé entre les pions de positionnement d'un emplacement d'un assemblage de combustible du cœur du réacteur et deux plots d'engagement dans des trous d'eau de l'emplacement, lors de la mise en place de l'outil de recalage sur la plaque de support du cœur du réacteur ;

25       - les parois inclinées par rapport à l'axe de la partie intermédiaire ou de l'embout inférieur de l'outil de recalage des assemblages de combustible présentent des portions successives, suivant la direction de l'axe, inclinées par rapport à l'axe et sensiblement parallèles à l'axe ;

30       - l'outil de maintien des assemblages de combustible comporte une plaque support, un premier ensemble de doigts de positionnement et un second ensemble de doigts de positionnement parallèles entre eux et fixés dans des dispositions perpendiculaires à la plaque support, les doigts de positionnement du second ensemble ayant une longueur dans la direction perpendiculaire à la plaque support inférieure à la longueur des doigts du premier ensemble ;

- les doigts de positionnement du premier ensemble ou doigts longs comportent un fût ayant un premier axe longitudinal et un pointeau d'extrémité dans le prolongement du fût ayant un axe longitudinal décalé par rapport à l'axe du fût, dans une direction perpendiculaire à l'axe du fût ;
- 5       - les doigts longs de l'outil de maintien des assemblages de combustible sont fixés sur la plaque de support par des moyens de fixation mécaniques permettant de régler l'orientation du doigt autour de son axe longitudinal et ainsi, la direction du décalage entre les axes du fût du doigt et du pointeau d'extrémité du doigt long ;
- 10       - pour le chargement d'assemblages de combustible à section transversale carrée, dans des emplacements prismatiques droits à section carrée du cœur d'un réacteur nucléaire, l'outil de maintien des assemblages de combustible comporte une plaque de support ayant la forme d'un carré dont le côté est sensiblement égal à deux fois le côté de la section transversale
- 15       d'un emplacement d'assemblage de combustible dans le cœur du réacteur nucléaire, quatre doigts longs dans des positions de trous de positionnement de quatre assemblages de combustible voisins dans le cœur du réacteur nucléaire et quatre doigts courts de longueur inférieure à la longueur des doigts longs dans une direction perpendiculaire à la plaque support dans
- 20       des positions correspondant aux positions en section transversale de quatre trous de positionnement des quatre assemblages de combustible voisins situés en diagonale sur chacun des embouts supérieurs d'assemblages de combustible par rapport aux trous de positionnement dans les positions des doigts longs ;
- 25       - dans le cas d'un cœur d'un réacteur nucléaire constitué par des assemblages de combustible ayant une section transversale carrée disposés dans des emplacements du cœur de forme prismatique droite ayant des sections transversales carrées disposées suivant un réseau à maille carrée, l'outil de maintien des assemblages de combustible comporte une plaque
- 30       support en forme d'équerre ayant des dimensions correspondant aux dimensions des sections transversales de trois emplacements d'assemblages de combustible voisins dans le cœur, trois pions longs et trois pions courts destinés à être engagés respectivement dans des ouvertures de position-

nement de trois assemblages de combustible voisins disposés en équerre dans le cœur du réacteur nucléaire, les pions longs étant introduits dans des premières ouvertures de chacun des assemblages de combustible et les trois pions courts, respectivement, dans trois secondes ouvertures de positionnement des trois assemblages de combustible disposés en équerre situées en diagonale par rapport aux premières ouvertures de réception des pions longs ;

- l'outil de maintien des assemblages de combustible comporte un dispositif de suspension et de maintien analogue à un dispositif de suspension et de maintien d'un embout supérieur d'un assemblage de combustible solidaire de la plaque support sur une face de la plaque de support opposée à une face de la plaque support sur lesquelles sont fixés en saillie les pions de positionnement.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple, en se référant aux figures jointes en annexe, le procédé de chargement d'un assemblage de combustible suivant l'invention et les dispositifs utilisés pour effectuer le chargement.

La figure 1 est une vue schématique en coupe par un plan horizontal du cœur d'un réacteur nucléaire montrant le réseau des sections droites de forme carrée, des emplacements des assemblages de combustible du cœur.

La figure 2A est une vue en élévation latérale d'un faux assemblage pour la mise en œuvre du procédé suivant l'invention, suivant une première forme de réalisation.

La figure 2B est une vue en élévation latérale d'un faux assemblage pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, selon une seconde forme de réalisation.

La figure 2C est une vue agrandie d'un détail de la figure 2A ou de la figure 2B.

Les figures 3A et 3B sont relatives à une première variante de réalisation de l'embout inférieur d'un faux assemblage.

Les figures 4A et 4B sont relatives à une seconde variante de réalisation de l'embout inférieur d'un assemblage de combustible.

Les figures 3A et 4A sont des vues en élévation latérale de l'embout.

Les figures 3B et 4B sont des vues en coupe suivant B-B des figures 3A et 4A, respectivement.

La figure 5 est une vue de dessus d'un outil de maintien des assemblages de combustible voisins d'un emplacement de chargement.

5 La figure 6A est une vue en élévation et en coupe verticale partielle de l'outil de maintien, suivant 6A de la figure 5.

La figure 6B est une vue agrandie du détail B de la figure 6A.

La figure 7 est une vue en élévation de l'outil de maintien suivant 7 de la figure 5.

10 La figure 8 est une vue de détail d'un pion de l'outil de maintien réalisé suivant une variante permettant le réglage de l'orientation du pion.

La figure 9 est une vue en élévation et en coupe verticale d'un grappin de manutention de l'outil de maintien tel que représenté sur la figure 5.

15 Les figures 10A, 10B et 10C montrent la mise en place de l'outil de maintien sur un assemblage de combustible au cours de trois phases successives.

La figure 11 est une vue de dessus analogue à la vue de la figure 5 d'un outil de maintien suivant une variante de réalisation.

20 La figure 12 est une vue schématique d'une section transversale du cœur d'un réacteur nucléaire analogue à la vue de la figure 1 montrant la mise en œuvre du procédé de chargement suivant l'invention.

25 Sur la figure 1 on a représenté de manière schématique la section transversale du cœur 1 d'un réacteur nucléaire qui est délimité par un cloisonnement 2 comportant en particulier des plaques verticales telles que 2a et 2b présentant différentes largeurs et assemblées entre elles à angle droit suivant le contour périphérique du cœur. Le cœur 1 et le cloisonnement 2 sont disposés à l'intérieur de la cuve du réacteur nucléaire à eau sous pression, de manière à reposer, par leur partie inférieure, sur une plaque de support du cœur fixée à l'intérieur de la cuve du réacteur.

30 Sur la figure 1, on a représenté les sections des emplacements 3 des assemblages de combustible de forme prismatique droite à section carrée. Les sections carrées des emplacements 3 d'assemblages de combustible

dans le cœur 1 constituent un réseau à maille carrée à l'intérieur du cloisonnement 2.

5 Sur la figure 1, on a représenté le cœur 1 du réacteur nucléaire en cours de chargement, les emplacements 3 d'assemblages de combustible dans lequel un assemblage a déjà été placé au cours du chargement étant repérés par des croix.

Le chargement est réalisé suivant des diagonales successives du réseau à maille carrée d'emplacements de chargement du cœur.

10 On a également indiqué sur la figure 1, l'orientation des plans de symétrie axiale du cœur par les angles  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  et  $270^\circ$  dans le sens horaire.

On a repéré la position des emplacements 3 d'assemblages de combustible dans le cœur par l'indication des rangées d'emplacements parallèles au plan axial  $0^\circ$ - $180^\circ$ , sous la forme des lettres successives A, B, ..., R et des rangées parallèles au plan axial  $90^\circ$ - $270^\circ$  par les chiffres 1, 2, ..., 15.

20 On décrira par la suite, en particulier en se référant aux figures 1 et 12, le chargement d'un assemblage de combustible dans l'emplacement C14 délimité suivant deux faces latérales par le cloisonnement et suivant une face latérale par un assemblage de combustible voisin situé en C13 et présentant une face libre non délimitée par un assemblage de combustible ou par le cloisonnement. On supposera que l'assemblage de combustible situé en C13 qui a été chargé précédemment dans le cœur 1 du réacteur nucléaire est déformé par flambage, de sorte qu'une partie de l'assemblage et en particulier une partie supérieure de l'assemblage vient en déport à l'intérieur de l'emplacement C14 dans lequel on désire charger un assemblage de combustible. Du fait du déport de l'assemblage de combustible placé en C13 dans l'emplacement C14, la section restante de l'emplacement C14 ne permet pas le passage et l'introduction de l'assemblage de combustible dont on désire assurer le chargement.

30 Le procédé suivant l'invention consiste, dans une première phase, à introduire un faux assemblage 4 dans l'emplacement C14 pour repousser la partie en déport de l'assemblage de combustible située en C13 en dehors de l'emplacement C14.

Sur la figure 2A, on a représenté un faux assemblage de combustible 4 pouvant assurer la remise en place de la partie supérieure de l'assemblage de combustible 5 situé en C13, de manière à libérer le passage d'un assemblage de combustible de remplacement en partie supérieure de l'emplacement 3 en C14.

Le faux assemblage qui a pour fonction le recalage des assemblages de combustible voisins de l'emplacement de rechargement sera désigné par la suite comme outil de recalage des assemblages de combustible (ORAC).

Le faux assemblage 4 ou ORAC présente la forme générale prismatique droite d'un emplacement 3 pour la dépose d'un assemblage de combustible dans le cœur. Le corps central 4a de l'ORAC 4 est une enveloppe en tôle métallique ayant des faces latérales planes disposées suivant les faces d'un prisme droit à section carrée, c'est-à-dire d'un parallélépipède à section carrée. On a également représenté l'axe 6 de l'enveloppe prismatique droite qui est reliée à sa partie inférieure à un faux embout inférieur 7 ayant une section carrée et des ouvertures 7a d'engagement de deux pions de positionnement verticaux en saillie sur la face supérieure de la plaque de support de cœur, au niveau de l'emplacement de chargement.

Le corps central 4a et l'embout inférieur 7 de l'ORAC ont une section transversale dont le côté est légèrement inférieur au côté de la section carrée de l'embout inférieur ou d'une grille-entretoise d'un assemblage combustible 5 du cœur de dimension standard.

L'ORAC 4 comporte de plus un embout supérieur 8 qui est identique à l'embout supérieur d'un assemblage de combustible 5 standard du cœur 1 du réacteur nucléaire.

L'embout 8 comporte en particulier des parties de préhension 8a permettant la préhension de l'embout supérieur 8 par le grappin de la machine de chargement du réacteur nucléaire représenté sur la figure 9 et qui sera décrit par la suite.

L'embout supérieur 8 de l'ORAC est relié au corps central 4a par une enveloppe 9 de forme pyramidale dont les faces latérales sont légèrement inclinées par rapport à l'axe 6 de l'ORAC.



Comme il est visible sur la figure 2C, les faces inclinées de la partie de liaison 9 de l'ORAC généralement plane comportent des parties successives 9a sensiblement parallèles à l'axe 6 de l'ORAC et 9b inclinées par rapport à l'axe 6 d'un angle faible de l'ordre de 0,5 à 6° et de préférence de 1 à 3,5° environ.

L'ORAC 4 qui est utilisé dans une première phase du procédé de rechargement d'un assemblage de combustible est pris en charge par le grappin de manutention de la machine de chargement du réacteur nucléaire pour être déplacé jusqu'à la verticale de l'emplacement de rechargement, c'est-à-dire dans le cas envisagé à la verticale de l'emplacement C14. Le poids de l'ORAC n'est pas supérieur au poids d'un assemblage de combustible dans lequel est engagé une grappe de réglage de réactivité. L'ORAC suspendu au grappin dans une position verticale, c'est-à-dire avec son axe 6 vertical, est descendu en direction de l'emplacement C14 dans lequel l'assemblage 5 situé en C13 est légèrement en déport. La section de l'embout inférieur 7 de l'ORAC 4, inférieure à la section maximale d'un assemblage de combustible, c'est-à-dire à la section d'un emplacement 3, permet une introduction facilitée de la partie inférieure de l'ORAC 4. Pendant l'introduction de l'ORAC dans l'emplacement de chargement 3 en position C14, les parois latérales lisses de l'embout inférieur 7, puis du corps central 4a peuvent venir en contact avec la partie supérieure de l'assemblage de combustible voisin 5 dans la position 13 qui est en déport à l'intérieur de l'emplacement 3 en position C14. Le fait que l'ORAC comporte des parois latérales lisses permet son introduction sans risque d'accrochage sur des assemblages voisins et, dans le cas décrit, sur l'assemblage 5 en position C13.

Dans le cas où l'on introduit un assemblage de combustible pour son chargement directement dans un emplacement entre des assemblages de combustible voisins, les embouts et surtout les grilles de l'assemblage de combustible en saillie sur les faces latérales de l'assemblage de combustible risquent de venir s'accrocher sur des éléments des assemblages de combustible voisins.

En fin d'introduction de l'ORAC à l'intérieur de l'emplacement 3, la partie intermédiaire 9 de l'ORAC présentant des faces inclinées par rapport

à l'axe 6 vient en contact avec la partie supérieure de l'assemblage de combustible 5 dans la position C13 qui est en déport à l'intérieur de l'emplacement de chargement 3.

5 Sur la figure 2C, on a représenté un tronçon de la paroi latérale de la partie intermédiaire 9 de l'ORAC venant en contact avec l'embout supérieur 10 de l'assemblage de combustible 5 dans la position C13.

10 L'inclinaison de la paroi latérale de la partie intermédiaire 9 par rapport à l'axe 6 de l'ORAC suivant lequel on réalise le déplacement dans la direction verticale n'est pas constante, de sorte que cette paroi inclinée vient en contact avec le bord de l'embout supérieur 10 de l'assemblage de combustible 5 par ses parties inclinées 9b et produit ainsi, lors de son déplacement vers le bas, un déplacement de l'embout supérieur 10 de l'assemblage 5 voisin dans la direction opposée à l'emplacement de chargement, c'est-à-dire en fait un certain redressement de l'assemblage de combustible par

15 rapport à son axe longitudinal théorique.

Sur la figure 2C, on a représenté une partie de bord latéral de l'embout supérieur 10 de l'assemblage voisin 5 sur lequel sont fixés des ressorts à lame 10' fixés le long d'un côté de l'embout 10.

20 La présence des tronçons 9a de la surface latérale de la partie intermédiaire 9 de l'ORAC ayant la forme de surfaces planes sensiblement parallèles à l'axe 6 de l'ORAC, entre deux parties inclinées 9b successives, permet d'éviter que les ressorts 10' ne viennent en contact avec la paroi inclinée de la partie intermédiaire 9 lors de son déplacement vers le bas. En cas de contact avec les ressorts 10', la paroi latérale de la partie intermédiaire 9 de l'ORAC en cours de déplacement vers le bas risquerait de déformer et de

25 détériorer les ressorts 10'. La présence de parties inclinées et de parties parallèles à l'axe de déplacement de l'ORAC sur la surface latérale de la partie intermédiaire 9 permet de redresser l'assemblage de combustible voisin 5 pour l'éloigner de l'emplacement de chargement 3 par paliers successifs, les

30 ressorts 10' de l'embout supérieur de l'assemblage voisin 5 restant toujours éloignés de la surface latérale de la partie intermédiaire 9 de l'ORAC.

Lorsque l'ORAC a été totalement inséré dans l'emplacement de chargement 3 de l'assemblage de combustible en position C14, suivant sensi-

blement toute la hauteur de l'emplacement, les ouvertures 7a de l'embout inférieur 7 sont venues en engagement sur les pions de positionnement de l'emplacement d'assemblages de combustible et l'assemblage voisin en position C13 est totalement remplacé de manière à libérer complètement la partie supérieure de l'emplacement de chargement.

Sur la figure 2B, on a représenté un mode de réalisation différent du faux assemblage ou ORAC 4', cette forme de réalisation de l'ORAC permettant un redressement et un recalage du ou des assemblages de combustible voisins de l'emplacement de chargement sur toute leur hauteur.

L'ORAC 4' selon la variante de réalisation constitue un faux assemblage à parois latérales lisses dont la section transversale présente la dimension maximale de la section transversale d'un assemblage de combustible, c'est-à-dire la dimension de l'embout supérieur 8' et des grilles-entretoises de l'assemblage de combustible.

L'embout inférieur 7' de l'ORAC présente une surface latérale de forme pyramidale, les faces latérales de l'embout 7' étant inclinées par rapport à l'axe 6' de l'ORAC de manière que la section de l'embout soit croissante depuis une section de dimension inférieure à la section maximale de l'assemblage de combustible et de l'emplacement 3 de chargement jusqu'à une section égale à la section maximale de l'assemblage de combustible correspondant également à la section de l'embout supérieur 8'.

De plus, les surfaces latérales de l'embout inférieur 7' de l'ORAC présentent une forme telle que représentée sur la figure 4 et décrite plus haut, en ce qui concerne les parois latérales de la partie intermédiaire 9. Les parois latérales de l'embout 7' inclinées de manière générale par rapport à l'axe 6' de l'ORAC présentent des parties inclinées analogues aux parties 9b des surfaces latérales de la partie intermédiaire 9 et des parties sensiblement parallèles à l'axe 6' analogues aux tronçons 9a des faces inclinées de la partie intermédiaire 9. On évite ainsi une mise en contact des surfaces latérales de l'embout 7' avec les ressorts 10' de l'embout supérieur de l'assemblage voisin 5 en position C13, lors de l'engagement de l'ORAC à l'intérieur de l'emplacement de chargement 3 en position C14.

L'embout 7' est facilement introduit à l'intérieur de la partie supérieure de l'emplacement 3 en position C13, du fait de sa section réduite et le déplacement vers le bas de l'ORAC dans la direction de son axe 6' produit un redressement progressif de l'assemblage 5 en position C13. Les parois lisses de l'ORAC permettent, comme précédemment, une introduction de l'ORAC sans risque d'accrochage sur le ou les assemblages voisins de l'emplacement de chargement 3 en position C14.

Sur les figures 3A et 3B et 4A et 4B, on a représenté deux variantes de réalisation d'un embout inférieur 7 (ou 7') d'un ORAC permettant de faire reposer et de maintenir de manière parfaitement stable, l'ORAC 4 sur la plaque de support du cœur du réacteur nucléaire.

Suivant chacun des emplacements 3 pour un assemblage de combustible, la plaque de support de cœur comporte, comme indiqué plus haut, suivant une première diagonale de l'emplacement, deux pions de positionnement en saillie vers le haut et des ouvertures traversantes de passage d'eau de grand diamètre ou trous d'eau, disposées en particulier suivant une seconde diagonale de l'emplacement 3 perpendiculaire à la première diagonale.

Suivant une première variante de réalisation de l'ORAC représentée sur les figures 3A et 3B, l'embout inférieur 7 (ou 7') comportant les ouvertures d'engagement 7a des pions de positionnement suivant deux angles comporte également deux plots 26 disposés suivant une seconde diagonale de l'embout en saillie dans la direction axiale en-dessous de la face inférieure de l'embout, dont le diamètre est sensiblement égal ou légèrement inférieur au diamètre d'un trou d'eau de la plaque de support du cœur.

Suivant une seconde variante de réalisation représentée sur les figures 4A et 4B, l'embout inférieur de l'ORAC à section carrée présente des dimensions réduites par rapport à l'embout représenté sur les figures 3A et 3B de telle sorte qu'il puisse venir reposer sur la plaque de support de cœur entre les pions de positionnement d'un emplacement 3 d'assemblage de combustible, sans interférer avec les pions de positionnement ; dans ce cas, l'embout inférieur 7 de l'ORAC ne comporte que des plots 26' de grand diamètre en saillie sous sa face inférieure pour leur engagement dans des trous

d'eau et ne présente pas d'ouvertures telles que 7a pour le passage des pions de positionnement.

5 Dans tous les cas, les plots 26 ou 26' engagés dans des trous d'eau de la plaque de support de cœur permettent d'obtenir une mise en place très stable de l'ORAC dans le cœur du réacteur nucléaire.

Lorsqu'on a mis en place l'ORAC, le ou les assemblages voisins de l'emplacement de chargement sont recalés dans des dispositions laissant l'accès complet à l'emplacement de chargement.

10 Toutefois, le ou les assemblages voisins de l'emplacement de chargement doivent être maintenus, au moins dans leur partie supérieure, dans leur position recalée, indépendamment de l'ORAC, pour permettre le chargement ultérieur d'un assemblage de combustible dans l'emplacement de chargement.

15 On peut utiliser, pour assurer le maintien des assemblages de combustible voisins de l'emplacement de chargement, un ou plusieurs outils tels que représentés sur les figures 5, 6A, 6B et 7. L'outil de maintien des assemblages de combustible (OMAC) désigné de manière générale par le repère 11 comporte une plaque de support 12 de forme carrée dont la section correspond à la section de quatre emplacements garnis d'assemblages de combustible 5, un dispositif de suspension et de maintien 13 solidaire d'une surface supérieure de la plaque 12 et des pions de positionnement et de maintien 14 fixés en saillie sous la plaque 12, à l'opposé du dispositif de suspension et de maintien 13.

20 Le dispositif de suspension et de maintien 13 est analogue à un embout supérieur d'assemblage de combustible qui peut être pris en charge par le grappin de la machine de chargement du combustible représentée sur la figure 9.

30 Le dispositif de suspension et de maintien 13 comporte un cadre carré analogue à la partie d'extrémité supérieure d'un embout d'assemblage de combustible comportant, dans deux angles en diagonale, des trous de positionnement 13a, 13b et, dans un troisième angle suivant une seconde diagonale, un trou 13c pour l'engagement d'un doigt du grappin de la machine de chargement constituant un élément de détrompage. En effet, le grappin

de la machine de chargement doit toujours être placé dans la même orientation par rapport à l'OMAC qui doit lui-même être placé dans une orientation fixe au-dessus de quatre assemblages de combustible voisins mis en place dans le cœur du réacteur nucléaire.

5            Comme il est visible sur la figure 9, le grappin de manutention d'assemblages de combustible utilisé pour la manutention de l'OMAC 11 et désigné de manière générale par le repère 15 comporte un support 16 sur lequel est monté le doigt détrompeur 17 et quatre doigts de préhension 18 montés pivotants autour d'un axe 18a orthogonal à l'axe 19 du dispositif de manutention, sur le support 16 solidaire d'un mât 20 de la machine de chargement.

10            Un tube d'actionnement 21 monté coulissant à l'intérieur du mât 20 de la machine de chargement permet de déplacer les doigts 18 entre une position sortie représentée en traits pleins sur la figure 9 et une position rentrée représentée en traits mixtes pour l'un des doigts 18.

15            Le grappin 15 avec les doigts 18 en position rentrée est introduit dans l'espace interne du cadre carré du dispositif de suspension 13 de l'OMAC 11 puis les doigts sont manœuvrés en position sortie par l'intermédiaire du tube d'actionnement 21.

20            Il est à remarquer que dans leur position rentrée et dans leur position sortie, les doigts 18 sont en appui sur des butées respectives 25a et 25b.

25            Les doigts 18 du grappin viennent en appui sous le cadre du dispositif de suspension 13 de l'OMAC, dans des zones médianes des quatre côtés du cadre du dispositif de suspension 13. La position en orientation de l'OMAC sous le grappin est déterminée par le doigt de détrompage 17 introduit dans le trou détrompeur 13c du dispositif de suspension 13.

30            Les pions d'engagement et de maintien de l'OMAC comportent, comme il est visible sur les figures 5, 6A et 7, quatre pions longs 14a visibles en particulier sur la figure 6A et quatre pions courts 14b dont deux sont visibles sur la figure 7.

Sur la figure 5, on a représenté dans le plan de la plaque 12, les directions des plans axiaux de la cuve à 90°-270° et 0°-180°, comme repré-

senté sur la figure 1 et sur la figure 12, lorsque l'OMAC est en position de service au-dessus d'assemblages du cœur du réacteur nucléaire.

Les pions longs 14a de l'OMAC sont disposés dans des angles de sections d'assemblages de combustible et de manière adjacente et de part  
5 et d'autre du plan axial  $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$  de la cuve et du cœur du réacteur.

Les pions courts sont placés de manière diagonalement opposée aux pions longs dans chacune des sections d'assemblages de combustible sur lesquels on vient placer l'OMAC.

Lorsque l'OMAC est mis en place au-dessus de quatre assemblages  
10 de combustible, par exemple au-dessus des assemblages de combustible dans les emplacements C12, C13, B12 et B13 représentés sur la figure 12, l'OMAC présente, pour chacun des assemblages de combustible, un pion long et un pion court, dans des positions en diagonale.

Comme il est visible en particulier sur la figure 6B, les pions longs 14a  
15 comportent un fût et une partie d'extrémité inférieure à diamètre réduit terminée par un pointeau de positionnement 22 dont l'axe 22a est décalé dans une direction axiale du cœur par rapport à l'axe 14'a du fût du pion long.

Le décalage entre l'axe 22a du pointeau de positionnement 22 et l'axe  
20 14'a du fût d'un doigt long 14a peut être par exemple de 5 mm suivant une direction qui peut être la direction horizontale de l'OMAC destinée à être placée suivant la direction axiale  $90^{\circ}$ - $270^{\circ}$  du cœur du réacteur nucléaire dans lequel on effectue le chargement.

Le décalage entre l'axe du pointeau de positionnement 22 et l'axe du  
25 fût du pion long pourrait être prévu également dans la direction  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  du cœur et de la cuve du réacteur nucléaire, dans un sens ou dans l'autre.

L'orientation du décalage de l'axe des pointeaux de positionnement des doigts longs de l'OMAC est choisie en fonction du décalage observé sur la position du ou des assemblages voisins de l'emplacement de chargement, de manière à assurer un centrage et une mise en place facilités des doigts  
30 longs de l'OMAC au moment de sa mise en place au-dessus de quatre assemblages de combustible, dans des positions telles que représentées en B12, B13, C12 et C13 sur la figure 12.

L'OMAC pris en charge par le grappin de manutention de la machine de chargement est placé au-dessus des assemblages dans les positions B12, B13, C12, C13 et descendu, comme représenté sur la figure 10A, de manière que, pour chacun des assemblages de combustible 5 dans les positions B12, B13, C12, C13, le pointeau de positionnement 22 d'un doigt long correspondant 14a vienne au-dessus d'un trou de positionnement 24a de l'embout supérieur 10 de l'assemblage de combustible 5.

En faisant descendre l'OMAC dans la direction verticale, les pointeaux 22 des doigts longs 14a de l'OMAC assurent une remise en position des embouts des assemblages de combustible, par coopération des trous 24a, 24b des embouts des assemblages de combustible avec une rampe inclinée 22a du pointeau 22, dans une direction assurant un centrage par rapport aux axes des doigts de positionnement 14a et 14b des trous 24a et 24b dans lesquels ces doigts de positionnement sont engagés.

Comme il est visible sur la figure 10C, les doigts 14a et 14b en position centrée sont alors engagés dans les trous de positionnement correspondants 24a et 24b de l'embout supérieur 10 de l'assemblage de combustible représenté. Les doigts 14a et 14b de positionnement des trois autres assemblages de combustible sont engagés simultanément dans les trous de positionnement des embouts supérieurs de ces assemblages de combustible.

L'engagement pratiquement sans jeu des doigts 14a et 14b dans les trous de positionnement 24a et 24b des embouts supérieurs d'assemblages de combustible assure le maintien relatif des quatre embouts supérieurs des assemblages de combustible dans les positions B12, B13, C12, C13 et en particulier un maintien de l'embout et de la partie supérieure de l'assemblage de combustible dans la position C13 voisine de la position de chargement C14. On peut alors enlever l'ORAC de l'emplacement de chargement 3 dans la position C14, sans que l'embout et la partie supérieure de l'assemblage de combustible 5 en position C13 ne se déplace à nouveau en direction de l'emplacement de chargement.

On peut alors effectuer le chargement d'un assemblage de combustible à l'emplacement de chargement C14, l'assemblage de combustible voi-



sin en position C13 ne se trouvant plus en déport, à sa partie supérieure, à l'intérieur de l'emplacement C14.

5 Dans le cas du chargement d'un assemblage à l'emplacement C14 comme représenté sur la figure 12, un seul dispositif OMAC 11 placé sur quatre assemblages de combustible permet de recalcr l'assemblage de combustible voisin en position C13, les autres faces de l'assemblage de combustible à charger venant en contact avec le cloisonnement ou en vis-à-vis d'un emplacement vide d'assemblage de combustible.

10 Dans d'autres cas, l'emplacement de chargement sera entouré par au moins deux assemblages de combustible voisins et qui peuvent être déportés vers l'intérieur de l'emplacement de chargement. Dans ce cas, on pourra utiliser deux OMAC ou plus, de manière à assurer le maintien des assemblages de combustible voisins entourant l'emplacement de chargement, après leur recalage par mise en place de l'ORAC.

15 On pourra utiliser, par exemple, jusqu'à quatre dispositifs OMAC 11 tels que représentés sur les figures 5 à 7 pour assurer le maintien de quatre assemblages de combustible entourant un emplacement de chargement, dans le cas où l'on insert un assemblage de combustible à l'intérieur du cœur, par exemple en fin de chargement ou après chargement.

20 Comme il est visible sur la figure 11, on peut utiliser un dispositif OMAC 11' réalisé suivant une variante et destiné à assurer le maintien de trois assemblages de combustible entourant un emplacement de chargement. Dans ce cas, il peut être possible d'utiliser uniquement deux dispositifs OMAC 11' placés sur deux ensembles de trois assemblages de combustible entourant un emplacement de chargement à l'intérieur du cœur.

25 Un dispositif OMAC tel que représenté sur la figure 11 comporte six pions de centrage 14' dont trois pions long et trois pions courts.

30 Comme il a été expliqué plus haut, le dispositif OMAC doit être fixé à la machine de chargement de manière que ses deux axes horizontaux soient placés respectivement suivant les plans axiaux du cœur et de la cuve du réacteur, à 0°-180° et 90°-270°.

Suivant le sens du décalage des trous de positionnement des embouts supérieurs des assemblages de combustible sur lesquels on place

l'OMAC, il faudra donc choisir l'un de quatre outils OMAC comportant des doigts longs dont les pointeaux de positionnement sont décalés dans l'une des directions 25a, 25b, 25c et 25d représentées sur la figure 5. On doit donc disposer d'outils OMAC appropriés pour chacun des sens de recalage  
5 des assemblages de combustible, au moment de la mise en place de l'ORAC.

Comme il est visible sur la figure 8, on peut cependant envisager la réalisation d'un outil OMAC comportant des doigts longs 14a fixés sur la plaque 12 de l'OMAC de manière à pouvoir être orientés autour de leur axe  
10 14'a et fixés dans une orientation voulue en fonction du sens de recalage des assemblages de combustible. On peut par exemple réaliser la partie supérieure du fourreau du doigt long sous la forme d'une tige filetée qui est engagée dans une ouverture de la plaque 12 et bloquée par un écrou de fixation.

15 Après le chargement de l'assemblage de combustible on enlève et on évacue hors de la piscine le ou les OMAC.

Le procédé et le dispositif suivant l'invention peuvent être adaptés au cas du chargement d'assemblages de combustible de forme prismatique droite ayant une section transversale différente d'un carré et placés dans  
20 des emplacements de forme correspondante, dans une disposition en réseau d'un type quelconque.

REVENDECATIONS

1.- Procédé de chargement d'un assemblage de combustible (5) dans un emplacement de chargement (3) du cœur (1) d'un réacteur nucléaire constitué par des assemblages de combustible (5) de forme générale prismatique droite disposés à l'intérieur d'un cloisonnement (2), dans des emplacements (3) adjacents prismatiques droits à axes verticaux, dont les sections transversales dans un plan horizontal constituent un réseau régulier, l'emplacement de chargement (3) de l'assemblage de combustible (5) comportant au moins une face latérale verticale suivant laquelle est disposée une face latérale d'un assemblage de combustible voisin de l'assemblage de combustible (5) dont on effectue le chargement, caractérisé par le fait :

- qu'on introduit, dans l'emplacement de chargement (3), un faux assemblage (4) ayant sensiblement la forme et les dimensions de l'emplacement de chargement (3) et comportant des parois latérales lisses substantiellement suivant toute la hauteur de l'emplacement de chargement (3),

- qu'on fixe la position de l'au moins un assemblage voisin (5) en présence du faux assemblage (4), par rapport à au moins un second assemblage (5) du cœur (1), au moins dans la partie supérieure de l'assemblage voisin (5),

- qu'on enlève le faux assemblage de l'emplacement de chargement (3), et

- qu'on introduit l'assemblage de combustible (5) dont on effectue le chargement à l'intérieur de l'emplacement de chargement (3).

2.- Dispositif de chargement d'un assemblage de combustible (5) dans un emplacement de chargement (3) du cœur (1) d'un réacteur nucléaire constitué par des assemblages de combustible (5) de forme générale prismatique droite disposés à l'intérieur d'un cloisonnement (2), dans des emplacements (3) adjacents prismatiques droits à axes verticaux dont les sections transversales dans un plan horizontal constituent un réseau régulier, l'emplacement de chargement (3) de l'assemblage de combustible comportant au moins une face latérale verticale suivant laquelle est disposée une face latérale d'un assemblage de combustible (5) voisin de l'assemblage de combustible dont on effectue le chargement, caractérisé par le fait qu'il

comporte un outil de recalage des assemblages de combustible (4) sous la forme d'un faux assemblage ayant la forme générale prismatique droite d'un emplacement (3) d'assemblage de combustible (5) dans le cœur et délimité latéralement par des parois lisses, et

5           - au moins un outil de maintien des assemblages de combustible (11) comportant une plaque support (12) et des pions de positionnement (14) destinés à être engagés dans des ouvertures de positionnement d'embouts supérieurs (10) d'assemblages de combustible du cœur,

10           - ainsi qu'au moins un moyen de manutention (15) pour la préhension et la manutention de l'outil de recalage des assemblages combustibles (4) et de l'au moins un outil de maintien des assemblages de combustible (11), par l'intermédiaire d'un moyen de suspension et de maintien (8, 13).

15           3.- Dispositif suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le moyen de suspension et de maintien (8, 13) de l'outil de recalage des assemblages de combustible (4) et de l'outil de maintien des assemblages de combustible (11) est analogue à une partie de suspension et de maintien d'un embout supérieur (10) d'un assemblage de combustible (5) du cœur et que le dispositif de manutention de l'outil de recalage des assemblages de combustible (4) et de l'outil de maintien des assemblages de combustible (11) est un grappin (15) d'une machine de chargement du réacteur nucléaire.

25           4.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé par le fait que l'outil de recalage des assemblages de combustible (4) comporte un corps central (4a, 4'a), un embout supérieur (8, 8') et un embout inférieur (7, 7') ayant un axe longitudinal commun (6, 6') et une section transversale dans un plan perpendiculaire à l'axe (6, 6') ayant la forme de la section transversale d'un emplacement (3) d'un assemblage de combustible dans le cœur du réacteur nucléaire.

30           5.- Dispositif suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que le corps central (4a) et l'embout inférieur (7) de l'outil de recalage des assemblages de combustible (4) de forme prismatique droite présentent une section transversale ayant des dimensions inférieures aux dimensions de la section transversale d'un emplacement d'assemblages de combustible dans

le cœur, un embout supérieur (8) dont la section transversale a les dimensions de la section transversale d'un emplacement d'assemblage de combustible (5) dans le cœur (1) du réacteur et une partie intermédiaire (9) entre le corps central et l'embout supérieur (8) délimitée par des parois latérales inclinées par rapport à l'axe (6) de l'outil de recalage des assemblages de combustible qui présente une section transversale de dimension généralement croissante entre le corps central (4a) et l'embout supérieur (8).

6.- Dispositif suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que l'outil de recalage des assemblages de combustible (4') comporte un corps central (4'a) de forme prismatique droite dont la section transversale a les dimensions de la section transversale d'un emplacement (3) d'un assemblage de combustible (5) dans le cœur (1) du réacteur et un embout inférieur (7) ayant des parois latérales inclinées par rapport à l'axe (6') de l'outil de recalage des assemblages de combustible, de manière que la section transversale de l'embout inférieur (7') soit de dimension décroissante entre le corps central (4'a) et son extrémité inférieure d'engagement dans un emplacement (3) du cœur (1) du réacteur nucléaire.

7.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 4, 5 et 6, caractérisé par le fait que l'embout inférieur (7, 7') de l'outil de recalage (4) comporte des ouvertures latérales (7a) de passage de pions de positionnement d'un emplacement (3) du cœur (1) du réacteur et deux plots (26) d'engagement dans des trous d'eau de l'emplacement (3), lors de la mise en place de l'outil de recalage (4) sur la plaque de support du cœur (1) du réacteur.

8.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 4, 5 et 6, caractérisé par le fait que l'embout inférieur (7) de l'outil de recalage (4) présente une section telle qu'il puisse être engagé entre les pions de positionnement d'un emplacement d'un assemblage de combustible du cœur (1) du réacteur et deux plots (26') d'engagement dans des trous d'eau de l'emplacement (3), lors de la mise en place de l'outil de recalage (4) sur la plaque de support du cœur (1) du réacteur.

9.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé par le fait que les parois inclinées par rapport à l'axe (6, 6') de la

partie intermédiaire (9) ou de l'embout inférieur (7') de l'outil de recalage des assemblages de combustible (4, 4') présentent des portions successives (9a, 9b), suivant la direction de l'axe (6, 6'), inclinées par rapport à l'axe (6, 6') et sensiblement parallèles à l'axe (6, 6').

5           10.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 3 à 9, caractérisé par le fait que l'outil de maintien des assemblages de combustible (11) comporte une plaque support (12, un premier ensemble de doigts de positionnement (14a) et un second ensemble de doigts de positionnement (14b) parallèles entre eux et fixés dans des dispositions perpendiculaires à  
10 la plaque support (12) les doigts de positionnement (14b) du second ensemble ayant une longueur dans la direction perpendiculaire à la plaque support (12) inférieure à la longueur des doigts (14a) du premier ensemble.

          11.- Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que les doigts de positionnement (14a) du premier ensemble ou doigts longs  
15 comportent un fût ayant un premier axe longitudinal (14'a) et un pointeau d'extrémité (22) dans le prolongement du fût ayant un axe longitudinal (22a) décalé par rapport à l'axe (14'a) du fût, dans une direction perpendiculaire à l'axe du fût (14'a).

          12.- Dispositif suivant la revendication 11, caractérisé par le fait que  
20 les doigts longs (14a) de l'outil de maintien des assemblages de combustible (11) sont fixés sur la plaque de support (12) par des moyens de fixation mécaniques permettant de régler l'orientation du doigt (14a) autour de son axe longitudinal (14'a) et ainsi, la direction du décalage entre les axes (14'a) du fût du doigt et (22a) du pointeau d'extrémité du doigt long (14a).

25           13.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 10 à 12 pour le chargement d'assemblages de combustible à section transversale carrée, dans des emplacements prismatiques droits à section carrée du cœur (1) d'un réacteur nucléaire, caractérisé par le fait que l'outil de maintien des assemblages de combustible (11) comporte une plaque de support (12)  
30 ayant la forme d'un carré dont le côté est sensiblement égal à deux fois le côté de la section transversale d'un emplacement (3) d'assemblage de combustible (5) dans le cœur (1) du réacteur nucléaire, quatre doigts longs (14a) dans des positions de trous de positionnement de quatre assemblages de

combustible (5) voisins dans le cœur (1) du réacteur nucléaire et quatre doigts courts (14b) de longueur inférieure à la longueur des doigts longs dans une direction perpendiculaire à la plaque support (12) dans des positions correspondant aux positions en section transversale de quatre trous de positionnement des quatre assemblages de combustible voisins situés en diagonale sur chacun des embouts supérieurs d'assemblages de combustible (5) par rapport aux trous de positionnement dans les positions des doigts longs (14a).

14.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 10 à 12, dans le cas d'un cœur (1) d'un réacteur nucléaire constitué par des assemblages de combustible (5) ayant une section transversale carrée disposés dans des emplacements (3) du cœur de forme prismatique droite ayant des sections transversales carrées disposées suivant un réseau à maille carrée, caractérisé par le fait que l'outil de maintien des assemblages de combustible (11') comporte une plaque support (12') en forme d'équerre ayant des dimensions correspondant aux dimensions des sections transversales de trois emplacements d'assemblages de combustible (5) voisins dans le cœur (1), trois pions longs et trois pions courts destinés à être engagés respectivement dans des ouvertures de positionnement de trois assemblages de combustible voisins disposés en équerre dans le cœur (1) du réacteur nucléaire, les pions longs étant introduits dans des premières ouvertures de chacun des assemblages de combustible et les trois pions courts, respectivement, dans trois secondes ouvertures de positionnement des trois assemblages de combustible disposés en équerre situées en diagonale par rapport aux premières ouvertures de réception des pions longs.

15.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé par le fait que l'outil de maintien des assemblages de combustible (11, 11') comporte un dispositif de suspension et de maintien (13) analogue à un dispositif de suspension et de maintien d'un embout supérieur (10) d'un assemblage de combustible (5) solidaire de la plaque support (12) sur une face de la plaque de support (12) opposée à une face de la plaque support (12) sur lequel sont fixés en saillie les pions de positionnement (14a, 14b).

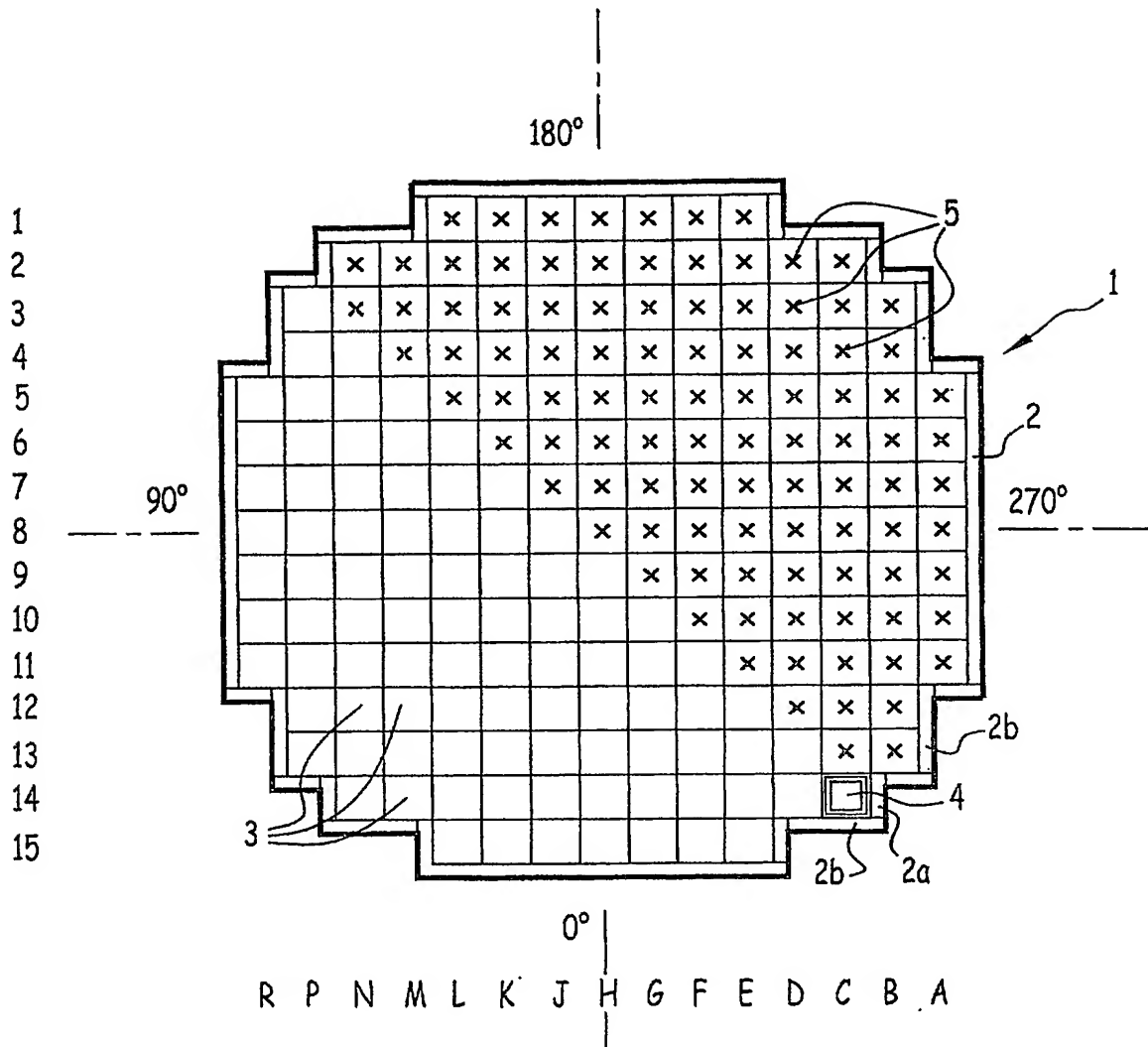
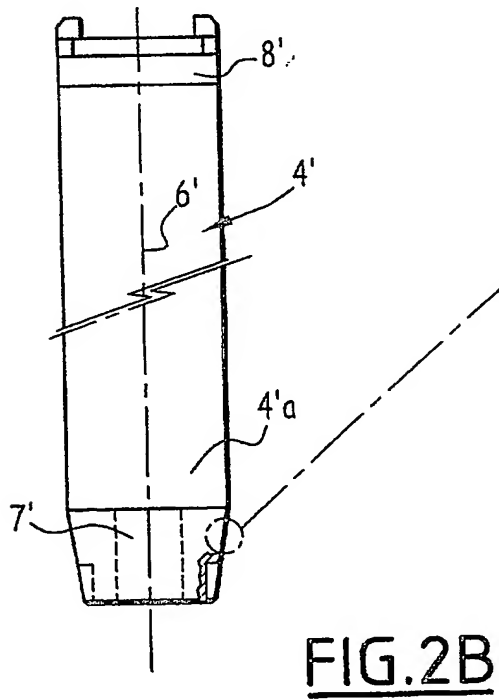
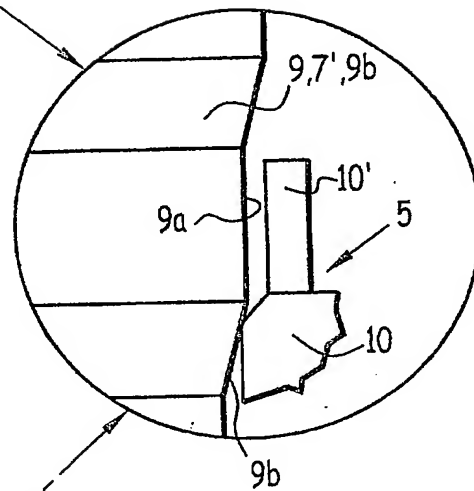
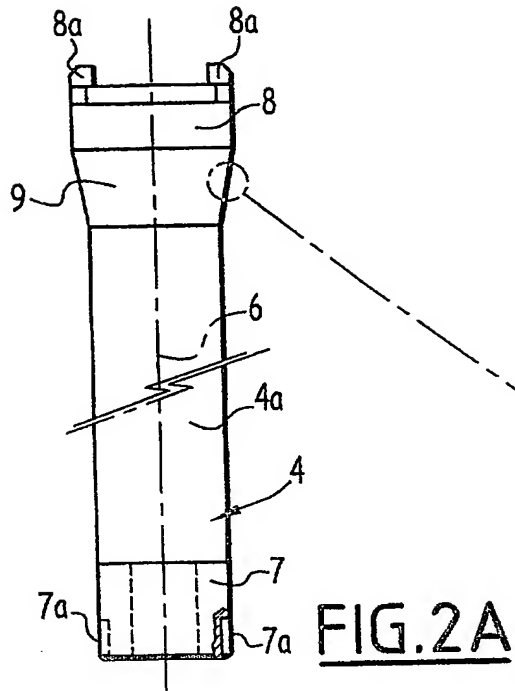


FIG. 1





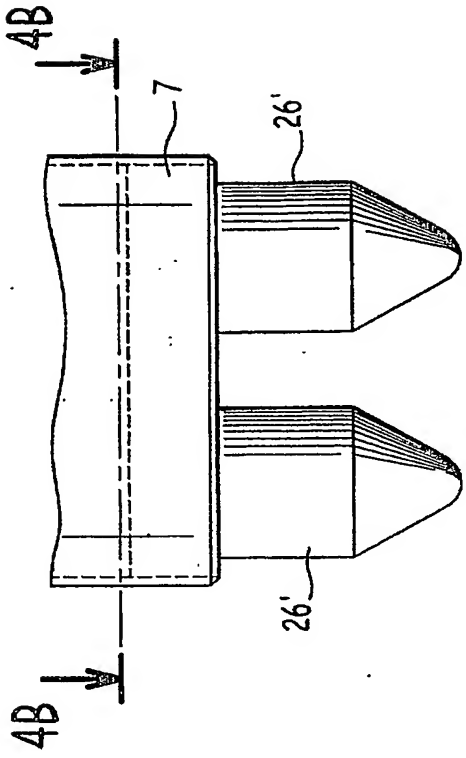


FIG. 4A

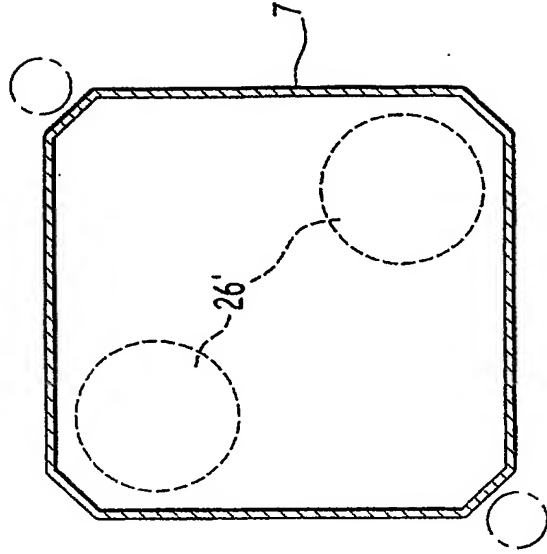


FIG. 4B

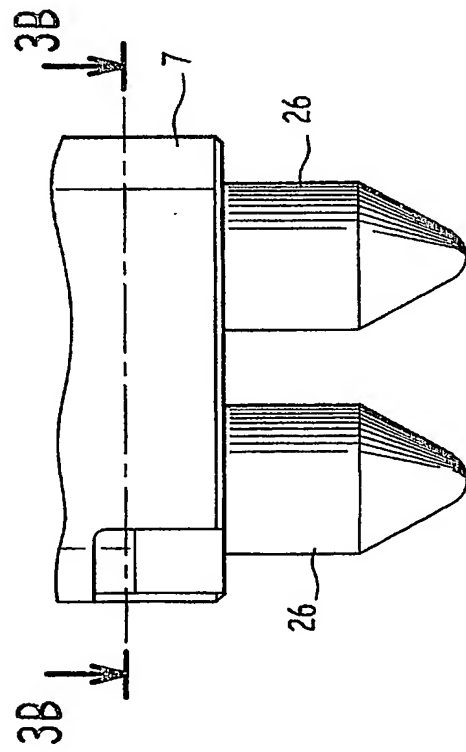


FIG. 3A

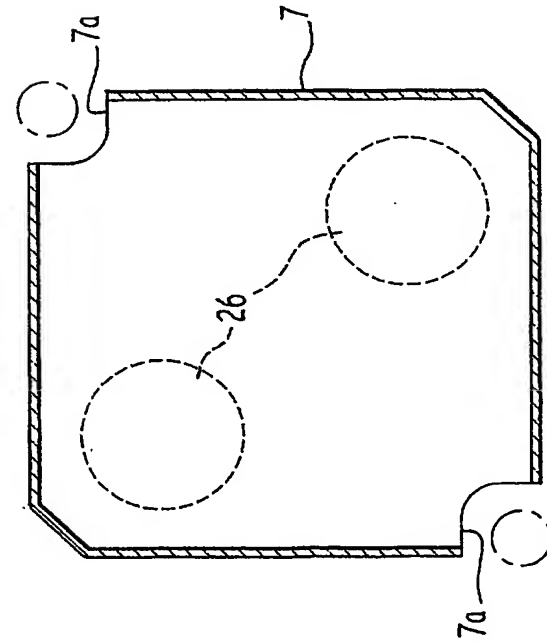
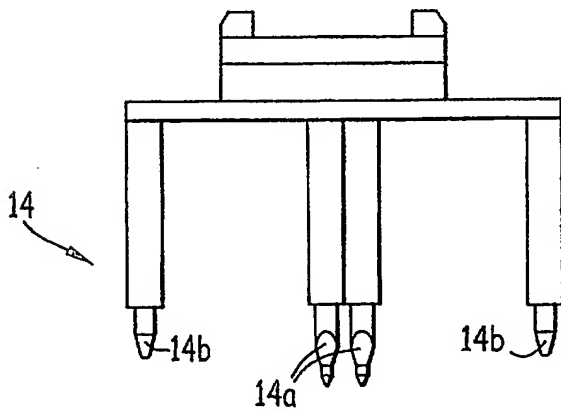
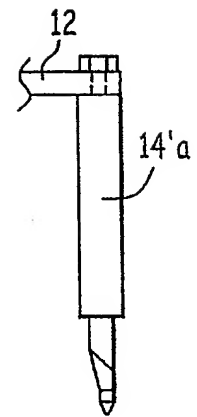
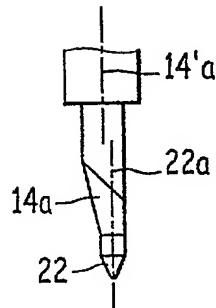
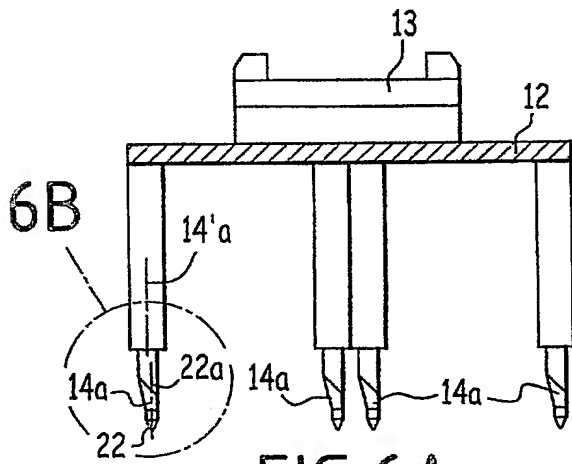
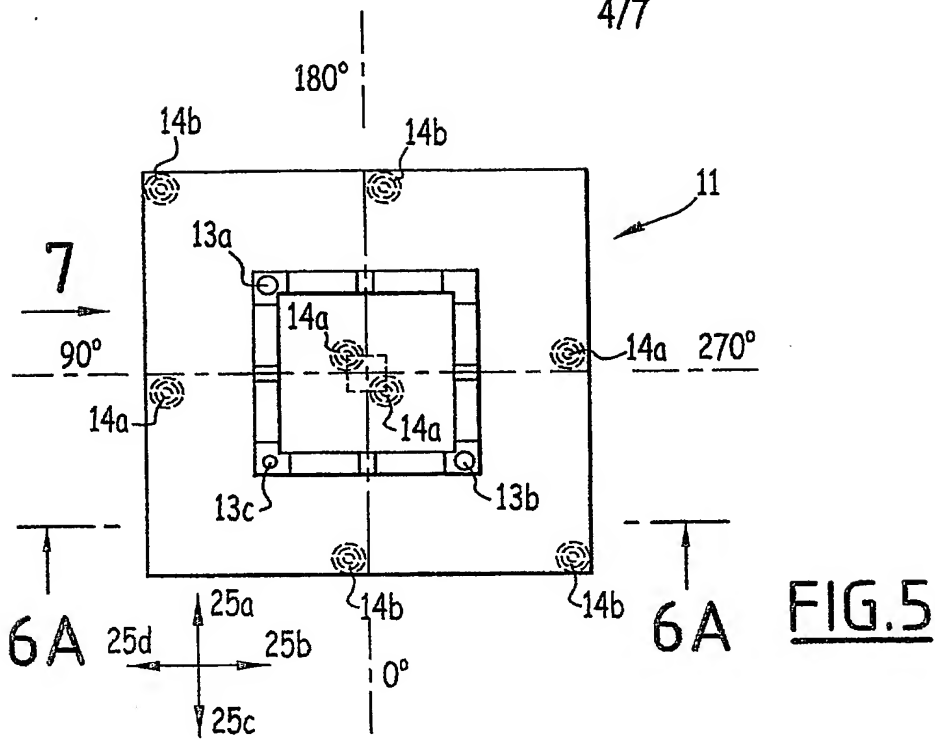
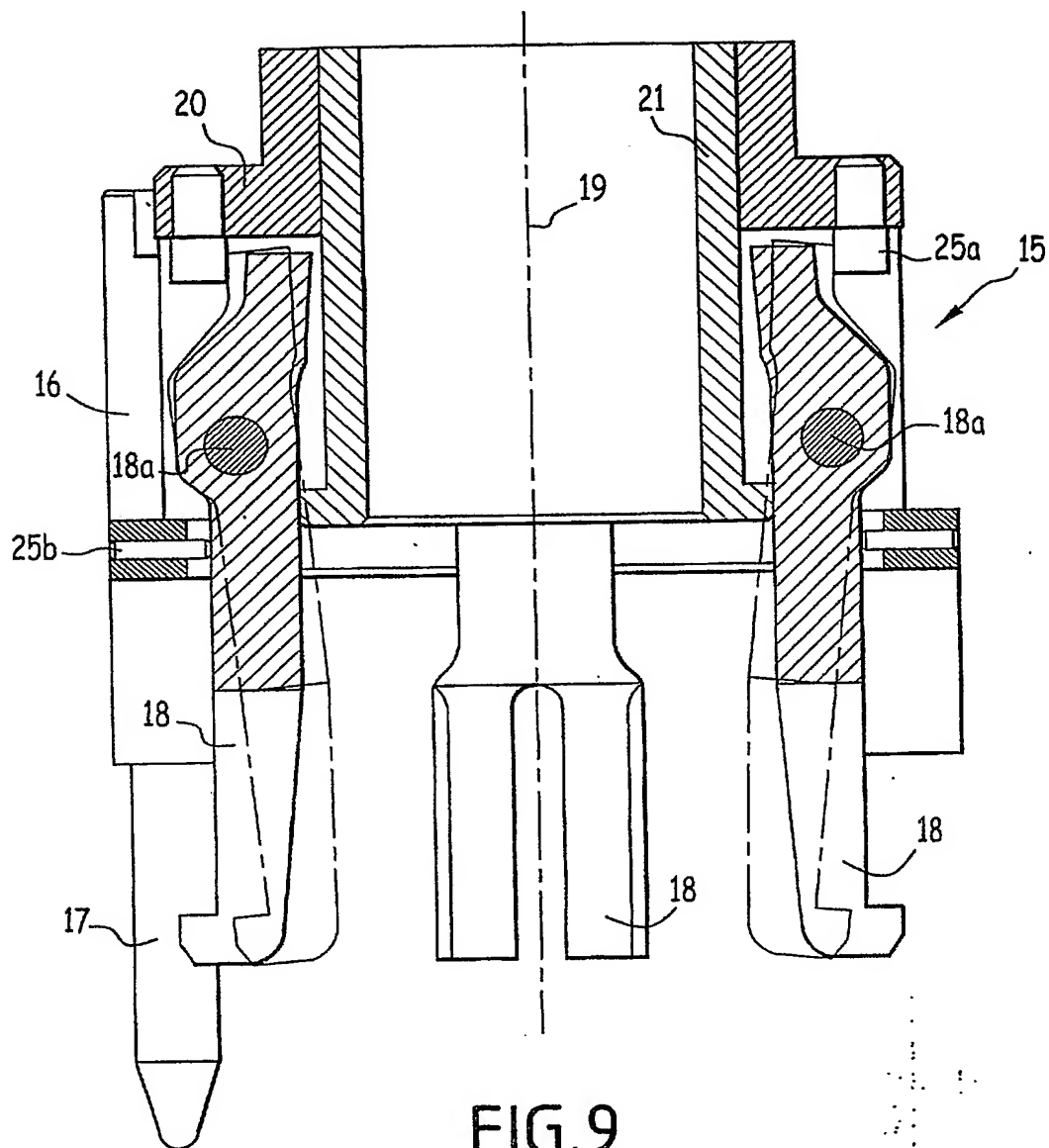


FIG. 3B



FIG. 9

6/7

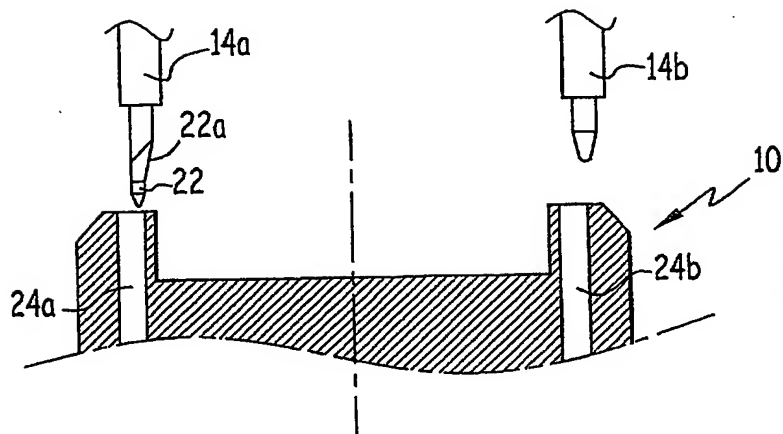


FIG. 10A

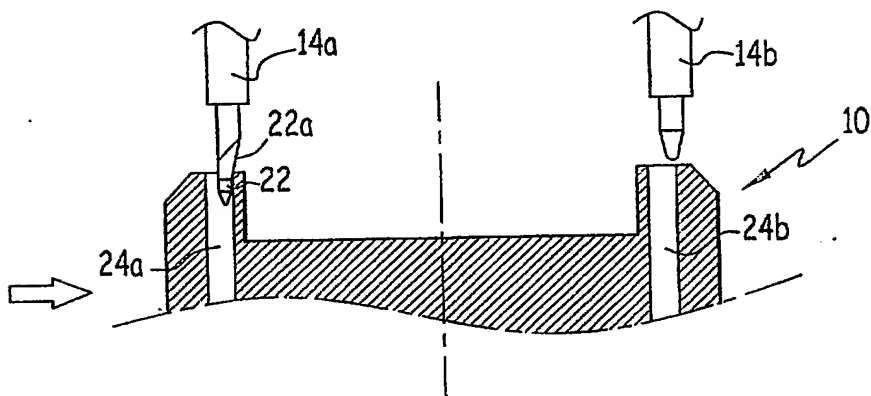


FIG. 10B

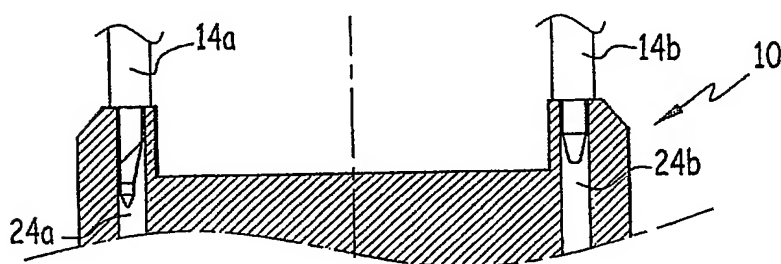


FIG. 10C

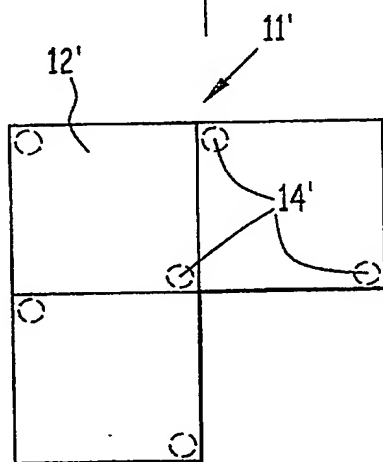


FIG. 11

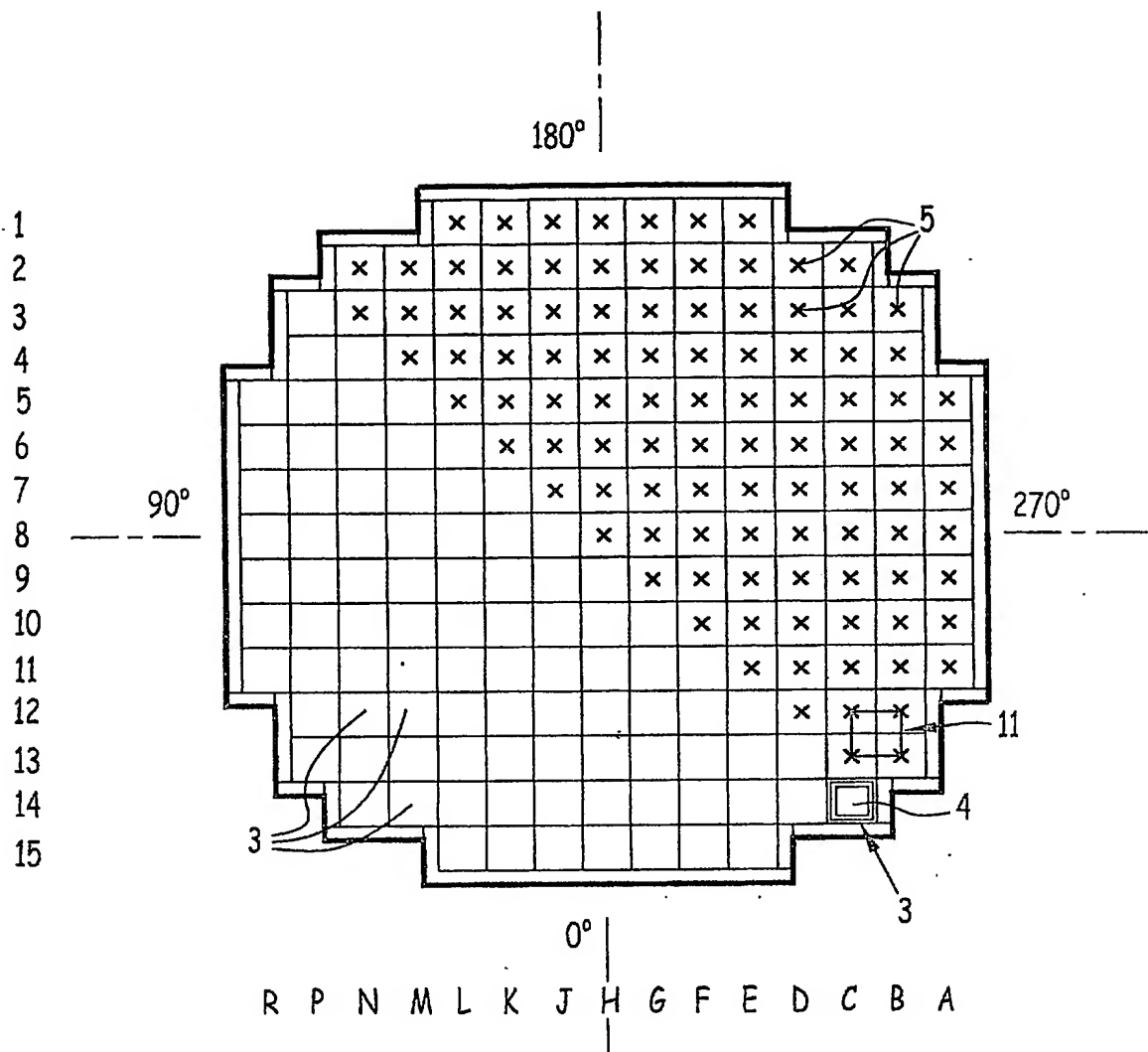


FIG.12

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1./1.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 115 W / 270001

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		BFF 02/0506	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0215607	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>			
Procédé et dispositif de chargement d'un assemblage de combustible dans le coeur d'un réacteur nucléaire.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
FRAMATOME ANP REEL S.A.			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	Nom	JUBLOT	
	Prénoms	Patrice	
Adresse	Rue	99, avenue de la Marne	
	Code postal et ville	92600 ASNIERES	FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
<input type="checkbox"/>	Nom		
	Prénoms		
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<input type="checkbox"/>	Nom		
	Prénoms		
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b>		Paris, le 10 décembre 2002	
<b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b>			
<b>OU DU MANDATAIRE</b>			
<b>(Nom et qualité du signataire)</b>		C. JACOBSON n° 92.1119	

PCT Application  
**PCT/FR2003/003579**

